

La herencia de la arquitectura tradicional en las bodegas:
algunos ejemplos de la arquitectura contemporánea



Blanca Briz Farran

Tutor_Manuel Ferrer Sala

Trabajo de Fin de Grado

Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona

Universitat Politècnica de Catalunya

La herencia de la arquitectura tradicional en las bodegas:

algunos ejemplos de la arquitectura contemporánea

Blanca Briz Farran

Trabajo de Fin de Grado. GArqEtsaB (Plan 2014)

<https://blancabrizfarran.wixsite.com/blancabrizfarran>

Àmbito_Tecnología

Tutor_Manuel Ferrer Sala

Presidente Tribunal_María Pilar García Almirall

Miembros Tribunal_Eva Crespo Sánchez, Julio Fidel Garnica González-Bárcena

Curso académico 2019-2020

Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Barcelona

Universitat Politècnica de Catalunya



La herencia de la arquitectura tradicional en las bodegas:

algunos ejemplos de la arquitectura contemporánea

El objetivo del trabajo es analizar la arquitectura contemporánea vinculada a la viticultura que utiliza sistemas tradicionales para la producción del vino. La hipótesis que propone el estudio es demostrar los beneficios de los espacios enterrados en la arquitectura de bodegas, tanto para la producción del vino como para el buen funcionamiento energético del edificio. Además de las condiciones ambientales que requiere la elaboración del vino, este recurso también responde a la relación activa que establece esta arquitectura con el suelo como elemento de proyecto.

Códigos UNESCO: 6201 Arquitectura, 620101 Diseño Arquitectónico, 3305 Tecnología de la construcción, 330501 Diseño Arquitectónico, 330509 Excavaciones, 330590 Transmisión de calor en la edificación, 330536 Obras Subterráneas, 330929 Vino.

Palabras clave: arquitectura vitícola, bodega, terreno, enterrado, subsuelo, inercia térmica

Sumario

1.	Las bodegas a lo largo de la historia	1
1.1.	Contexto histórico.....	1
1.2.	La decisión de enterrar una bodega.....	2
2.	Parámetros ambientales que condicionan la construcción de una bodega	4
2.1.	Clima	4
2.2.	Traspaso de calor:.....	4
2.3.	Inercia térmica:.....	5
2.4.	Aislamiento térmico:	6
2.5.	Asentamiento en el terreno:	6
2.6.	Radiación electromagnética:	6
2.7.	Ventilación:.....	7
3.	Estudio comparativo.....	8
3.1.	Bodegas en Mendivil de Pep Llinás	8
3.1.1.	Clima en Mendivil	9
3.1.2.	Cargas térmicas.....	9
3.1.3.	Inercia térmica	10
3.1.4.	Aislamiento térmico	11
3.1.5.	Asentamiento en el terreno.....	12
3.1.6.	Radiación electromagnética	13
3.1.7.	Ventilación	14
3.1.8.	El suelo como soporte activo.....	14
3.2.	Bodegas Protos de Richard Rogers y Alonso y Balaguer	15
3.2.1.	Clima en Peñafiel.....	16
3.2.2.	Cargas térmicas.....	16
3.2.3.	Inercia térmica	17
3.2.4.	Aislamiento térmico	18
3.2.5.	Asentamiento en el terreno.....	19
3.2.6.	Radiación electromagnética	19
3.2.7.	Ventilación	20
3.2.8.	El suelo como soporte activo.....	21

3.3.	Bodega Descendientes de J. Palacios de Rafael Moneo	22
3.3.1.	Clima en Corullón, Castilla y León.....	23
3.3.2.	Cargas térmicas.....	23
3.3.3.	Inercia térmica	24
3.3.4.	Aislamiento térmico	25
3.3.5.	Asentamiento en el terreno.....	26
3.3.6.	Radiación electromagnética	26
3.3.7.	Ventilación	27
3.3.8.	El suelo como soporte activo.....	28
4.	Conclusiones.....	29
5.	Anexos	33
5.1.	Listado de imágenes y tablas.....	33
5.2.	Bibliografía	36

1. Las bodegas a lo largo de la historia

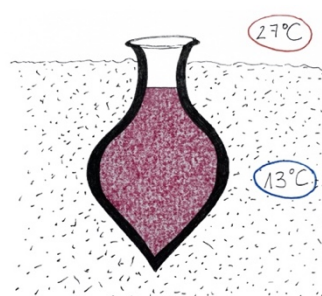
1.1. Contexto histórico

Se estima que el origen de la fermentación de la uva se remonta a la edad de Bronce, en el 3000 a.C., aunque también se han encontrado vestigios de producción de cerveza en el Antiguo Egipto. En Occidente, la cultura de la producción del vino se extiende por todo el Mediterráneo y se remonta a siglos atrás. Se sabe de la existencia de antiguas estancias de almacenamiento y fermentación del vino en varios yacimientos. Para llevar a cabo la producción del vino en esas épocas, el hombre hace uso de los recursos naturales que le brinda la naturaleza, y sitúa bajo tierra esos espacios de almacenamiento y producción, con ánimo de aprovechar las características de temperatura y humedad que proporciona el terreno. Por ello, no es de extrañar que la mayoría de las bodegas históricas se encuentren completa o parcialmente enterradas.

Los arqueólogos han encontrado tinajas cerámicas enterradas, o *dolia* (1), que datan del siglo VII a.C. en el yacimiento arqueológico *Ostia Antica* en Roma. Los romanos enterraban o clavaban parcialmente estas ánforas en el suelo, con la intención de preservar el vino manteniendo constante la temperatura interior (2). Además de estas tinajas, también se han llegado a descubrir estancias como tal situadas varios metros bajo tierra destinadas al almacenamiento de vino. En Cataluña mismo, se han encontrado bodegas enterradas que forman parte de antiguas Villas Romanas, como el yacimiento de Tolegassos en el territorio de Ampurias o la Villa del Morer de Sant Pol de Mar, ambas del siglo II a.C.. Esta expansión no solo se limita al lado este del Mediterráneo, ya que en el yacimiento de *Tel Kabri*, en Nahariya (Israel), también han sido halladas varias vasijas de arcilla en una estancia subterránea que datan del 1700 a.C.



1.



2.

Esta cultura de la producción del vino ha ido viajando en la historia, pasando por los monasterios donde los monjes producían su propio vino en las estancias subterráneas. Todavía en pie, las bodegas de los monasterios son lo más parecido a lo que conocemos como una bodega tradicional enterrada. Un buen ejemplo de ello es la bodega del Monasterio de Piedra en Nuévalos (Aragón), la cual hoy en día se puede visitar, o los monasterios cartujos autosuficientes, muchos de ellos conocidos por la producción de licores propios. El Monasterio de Saint Pierre de Chartreuse de 1084 es conocido por sus destilerías, en las que se producía un licor conocido como *Chartreuse Verde* y *Chartreuse Amarillo*, los cuales todavía son elaborados hoy en día en bodegas de la zona de estilo tradicional.

Estos datos nos dan a entender los beneficios que nuestros predecesores encontraron en el terreno como aliado para la producción y preservación del vino.

1.2. La decisión de enterrar una bodega

La transformación de la uva en vino es un proceso de elaboración industrial que siempre ha requerido de espacios con características muy específicas, y que tradicionalmente se ha realizado utilizando los medios que brinda la propia naturaleza, sin necesidad de climatización artificial. Las exigencias que la producción del vino demanda a la arquitectura residen en temas fundamentalmente relacionados con las características del ambiente, como pueden ser la temperatura, la humedad o la ventilación. Sin olvidar también la importancia de la relación del edificio con el terreno y su topografía, la orientación solar, las características del suelo necesarias para el cultivo de la vid, la accesibilidad, la inercia térmica, etc.

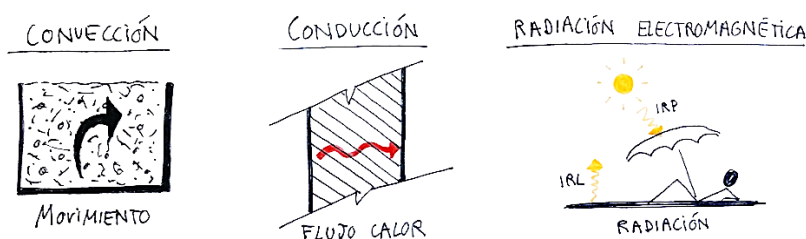
Analizando las bodegas y almacenes de vino existentes a lo largo de la historia, se puede encontrar una especial tendencia a enterrar esos espacios. El aprovechamiento de la inercia térmica del suelo es el mecanismo que permitía mantener una temperatura interior constante, gracias a la capacidad del suelo de almacenar energía. A partir de 2 metros de profundidad, la temperatura del suelo suele ser de unos 13°C, de manera que, al colocar esos espacios bajo tierra, se conseguía amortiguar la variación de temperatura y retardar la pérdida de calor por variaciones de temperatura que se pudieran producir en la superficie.

Así pues, se puede ver que a lo largo de los años la arquitectura de las bodegas ha utilizado los medios que brinda la naturaleza enterrando los espacios de fermentación y almacenamiento del vino. Sin embargo, llegado el siglo XX y sus avances tecnológicos, la manera de proyectar las bodegas se bifurca en dos tendencias: la de continuar con la herencia de la arquitectura tradicional enterrando el edificio, o la de decantarse por la innovación y el uso de energías manufacturadas para aclimatar las estancias. Está claro que el depender completamente de una serie de maquinarias para ambientar el espacio y que la producción del vino pueda llevarse a cabo, hace que el gasto de energía sea mucho superior. ¿Vale la pena que la arquitectura sea esclava de cierta maquinaria por un capricho estético? Quizá pueda tener más valor asumir el reto de enterrar la bodega, o parte de ella, pudiendo aprovechar lo que viene dado directamente de la propia naturaleza. De esta forma, el terreno, ahora tomado como soporte activo, se convierte en una parte fundamental del proyecto.

Para poder afirmar las ventajas que tiene el tomar esa decisión, es importante analizar el comportamiento de una selección de bodegas enterradas o semienterradas bajo los mismos parámetros ambientales. Para este análisis, y tras la búsqueda de varios proyectos de bodegas contemporáneas, los ejemplos a analizar van a ser el proyecto de bodegas en Mendivil de Josep Llinás, las Bodegas Protos de Richard Rogers y Alonso y Balaguer, y la bodega Descendientes de J.Palacios de Rafael Moneo. Todas ellas proyectadas completa o parcialmente bajo tierra.

2. Parámetros ambientales que condicionan la construcción de una bodega

Los intercambios de energía en un edificio se pueden dar de diversas formas (3). Uno de ellos es la conducción, el método de transmisión de energía que se realiza a través de los sólidos y donde entrarán en juego recursos como el uso de la inercia térmica o el aislamiento térmico. En el caso de los fluidos el intercambio se realiza por convección, es decir, con mecanismos como la ventilación, la climatización por aire o el tiraje. También hay que tener en cuenta el intercambio por radiación electromagnética, como la radiación solar (IRP) o la radiación terrestre (IRL).



3.

Los edificios ligados a la viticultura suelen tener dos zonas muy diferenciadas: la zona abierta al público -como pueden ser una zona de catas, bar o restaurante, zonas de exposición y zonas de lobby- y por otro lado están las zonas destinadas a la producción y almacenamiento del vino. Estas dos zonas requieren de condiciones ambientales muy diferentes, y para determinar los mecanismos adecuados que necesita cada uno de esos espacios, hay que tener en cuenta los siguientes parámetros ambientales.

2.1. Clima

El clima del lugar es lo que determina las condiciones ambientales del exterior. Estas características climáticas serán una parte importante para determinar de qué manera hay que construir para que el ambiente interior sea el adecuado para cada tipo de actividad.

2.2. Traspaso de calor:

Para poder intuir que intercambios de energía van a tener lugar en el edificio, es necesario tener en cuenta cada una de las cargas térmicas que hay en el exterior e interior de este, y si son favorables o desfavorables para cada estación del año (4).

		Invierno	Épocas interm.	Verano
Externas	Radiación	Favorable	Fav/des	Desfavorable
	Transmisión	Desfavorable	Fav/des	Desfavorable
Internas	Ocupación	Favorable	Fav/des	Desfavorable
	Iluminación	Favorable	Fav/des	Desfavorable
Aire exterior	Equipos	Favorable	Fav/des	Desfavorable
	Aportación aire	Fav/des	Fav/des	Desfavorable

4.

En invierno el objetivo es compensar las cargas positivas y negativas. Para ello se debe fomentar la captación de la radiación y las masas térmicas, así como utilizar el aislamiento para reducir las pérdidas y utilizar equipos de iluminación y electrodomésticos adecuados. La ventilación debe ser higiénica, realizada a horas con salto térmico a favor o muy reducido (mediodía). Es aconsejable fomentar la hermeticidad y compacidad del edificio, así como introducir espacios intermedios calefactores y utilizar materiales superficiales selectivos cálidos.

En verano el objetivo es minimizar el efecto de todas las cargas térmicas al ser desfavorables para impedir que el edificio se caliente. Para ello se debe limitar el efecto invernadero directo, evitar el calentamiento de las masas térmicas aportando inercia térmica que actúe como elemento refrigerante, reducir las ganancias por transmisión mediante aislamientos y utilizar equipos de bajo consumo. La ventilación higiénica también debe ser realizada a horas con salto térmico a favor (nocturno). Es recomendable utilizar cubiertas y fachadas ventiladas, protecciones solares, espacios intermedios protectores y utilizar materiales superficiales selectivos fríos.

Para la producción del vino, es fundamental mantener esos espacios a una temperatura más o menos constante y evitar los saltos de temperatura. Para ello, hay que conseguir disminuir el traspaso de calor:

$$W \text{ (watts)} = S \cdot U \cdot \Delta t$$

S (m²): Superficie del paramento

U (w/m² °K): Transmitancia (depende del aislamiento)

Δt (°K): diferencia de temperatura entre interior y exterior

Para determinar cual es el traspaso de calor permitido, es necesario saber los requerimientos del vino. Estas son las temperaturas adecuadas para la fermentación y almacenamiento del vino. (5)

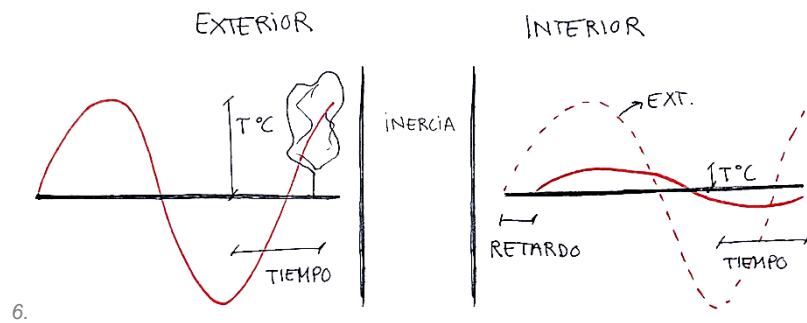
TIPOS DE VINO	T ^a fermentación	T ^a almacenaje mín.	T ^a almacenaje máx.
Blancos jóvenes secos	15°C	7°C	10°C
Blancos secos crianza	15°C	8°C	11°C
Rosados secos	20°C	7°C	10°C
Tintos jóvenes ligeros	25°C	11°C	13°C
Tintos jóvenes con cuerpo	25°C	12°C	14°C
Tintos crianza	25°C	14°C	17°C
Tintos reserva	25°C	16°C	18°C

5.

2.3. Inercia térmica:

Produce importantes beneficios utilizar elementos constructivos con masa térmica que almacenen energía a bajas temperaturas, especialmente en verano cuando las temperaturas exteriores son altas. Ayuda a compensar y retrasar en el tiempo las oscilaciones térmicas exteriores del lugar (6), y por lo general se suele utilizar como sistema refrigerante. En el caso de una vivienda, la inercia térmica puede ser perjudicial en invierno ya que la posibilidad de compensar las temperaturas frías

es más limitada. Sin embargo, en el caso de una bodega, se necesita una temperatura interior de entre 7 y 18°C para su conservación, dependiendo del vino.



Los elementos constructivos pueden absorber y almacenar energía. Esa capacidad de absorción o capacidad calorífica del material es directamente proporcional a su densidad y a su espesor: cuanto más pesado y denso sea un material, más inercia térmica tendrá.

La inercia térmica de los materiales de la envolvente del edificio, da como resultado que se absorba calor durante el día y se emita durante la noche, y para ello es altamente recomendable utilizar materiales con grandes capacidades caloríficas como el agua, el granito, la tierra seca o el adobe.

2.4. Aislamiento térmico:

Cualquier edificio construido hoy en día cuenta con aislamiento térmico, pero es muy importante saber dónde colocarlo. Al colocar el aislamiento por el interior del cerramiento, se anula el efecto de la inercia térmica del mismo, ya que permite mayores oscilaciones térmicas en la masa. Por el exterior se estabiliza la temperatura de la masa al reducir las pérdidas térmicas hacia el exterior, y es cuando la inercia trabaja con todos sus efectos.

2.5. Asentamiento en el terreno:

Un elevado asentamiento es adecuado en climas con fuertes oscilaciones térmicas, ya que aporta elevada inercia térmica. Cuando el asentamiento es considerable, existe riesgo de humedad. Esto no es recomendable para viviendas, sin embargo, para una conservar el vino es recomendable una humedad relativa entre el 60 y 90% HR, ya que mantiene el corcho húmedo y la evaporación al mínimo. Por otro lado, cuando el asentamiento es elevado, puede complicarse la ventilación natural.

2.6. Radiación electromagnética:

La radiación electromagnética no solo consiste en la radiación solar (IRP), sino que también existe la radiación terrestre (IRL), es decir, la radiación que emiten las superficies al ser calentadas por la radiación solar.

Hay que tener en cuenta la diferencia de carga térmica que supone el impacto de la radiación electromagnética en un elemento translúcido frente a un elemento opaco. En los elementos translúcidos, las cargas térmicas se pueden valorar de la siguiente manera:

$$W_r \text{ (watts)} = S \cdot W \cdot \zeta \cdot \alpha$$

S (m²): superficie del hueco

W (watts/m²): energía incidente

ζ: factor solar

α: factor sombra sobre hueco

Para elementos opacos, se valora de la siguiente manera:

$$W \text{ (watts)} = S \cdot U \cdot \Delta t$$

S (m²): superficie cerramiento

U (w/m² °K): transmitancia

Δt: variación de temperatura

En elementos opacos, es muy importante el material selectivo, ya que la radiación en cada uno de ellos puede variar el valor de la transmitancia. Además, la temperatura superficial también variará en función del acabado del paramento. Los selectivos fríos, como la cal, pinturas blancas o el acero galvanizado, reflejan la radiación solar y reducen la energía almacenada y transmitida al cerramiento. Los selectivos cálidos y negros, como el hormigón rojo, el asfalto, las pinturas oscuras o la pizarra, absorben una parte importante de la energía calentando la masa del cerramiento y aumentando la transmisión.

2.7. Ventilación:

La ventilación es un factor a tener en cuenta en cuanto a las condiciones ambientales del interior del edificio. Es importante la ventilación higiénico-sanitaria para evitar el aire contaminado que se crea en el interior de espacios demasiado cerrados. En el caso de una bodega, se requiere una humedad relativa de entre el 60 y el 90%HR, por lo que es importante que la ventilación sea muy controlada, incluso inexistente en ocasiones, para evitar cambios bruscos de humedad y temperatura. Tener una ventilación excesiva anularía el efecto de la inercia térmica. Es más fácil controlar el aire mediante aparatos de extracción y aportación forzada de aire. Sin embargo, en las zonas abiertas al público, como pueden ser zonas de catas, exposiciones y eventos, sí que es importante contar con una buena ventilación higiénico-sanitaria, así como disponer de ventilación cruzada.

Cada uno de estos parámetros ambientales serán los que se utilizarán para analizar las condiciones ambientales de cada uno de los proyectos seleccionados, y que determinarán las ventajas que tiene el haber tomado la decisión de proyectarlos bajo tierra.

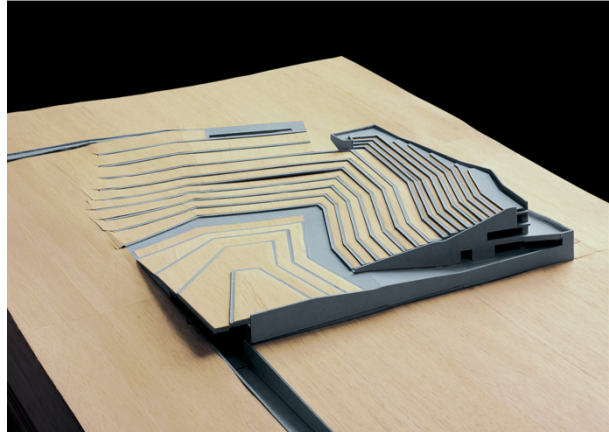
3. Estudio comparativo

3.1. Bodegas en Mendivil de Pep Llinás

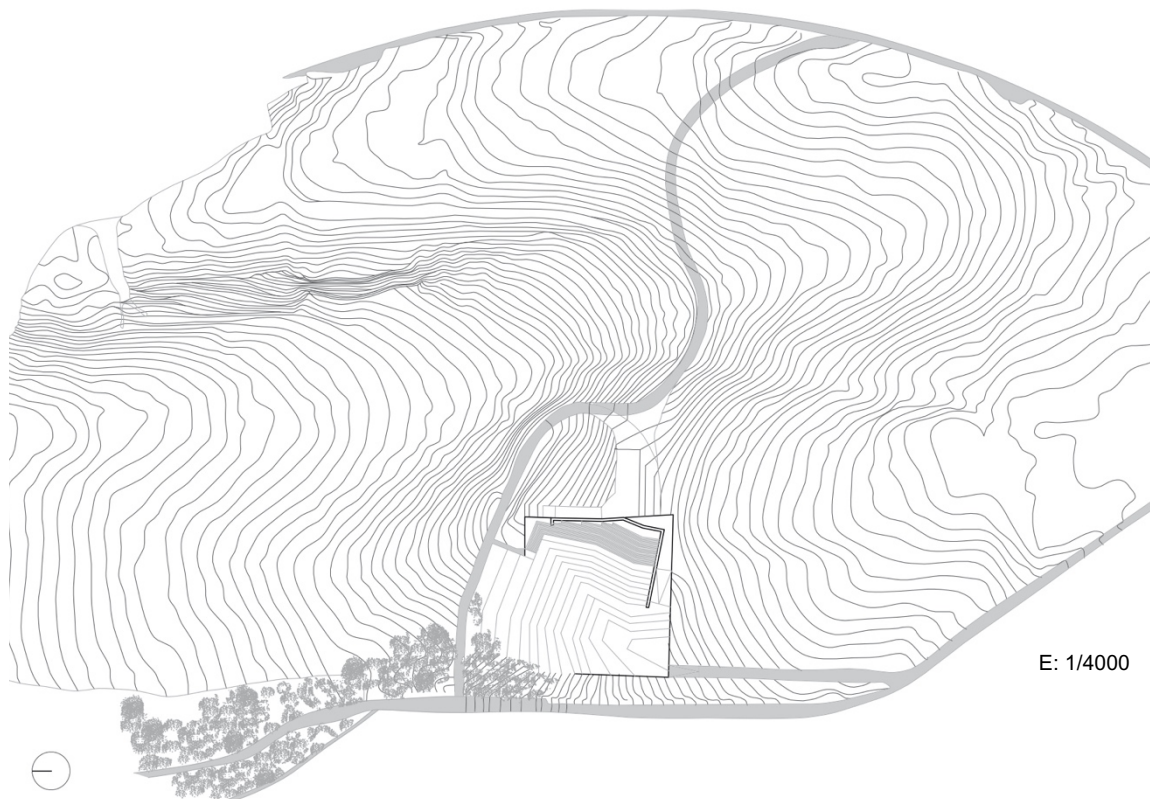
Este es un proyecto de Bodegas de Pep Llinás realizado en 2002 y situado en la localidad de Mendivil, Navarra, a 23 km de Pamplona. A día de hoy, este proyecto no ha sido construido por motivos relativos a la propiedad. Desde un principio, la idea inicial de este proyecto fue la de enterrarlo. De esta manera se conseguían las condiciones ambientales adecuadas para una bodega y se amortiguaba el impacto del edificio con el paisaje.



7.



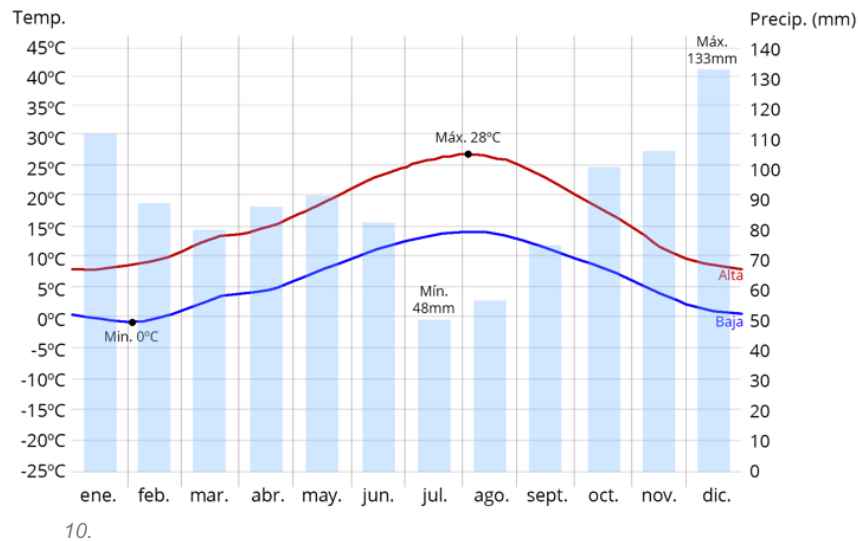
8.



9.

3.1.1. Clima en Mendivil

El clima en Mendivil (10) se caracteriza por ser bastante lluvioso, con precipitaciones todo el año, especialmente en diciembre. Durante el invierno las temperaturas pueden llegar a los 0°C, mientras que los veranos son cálidos, pero no con temperaturas extremadamente altas. Es un clima templado en el que la temperatura promedio anual es de 12.3°C.



3.1.2. Cargas térmicas

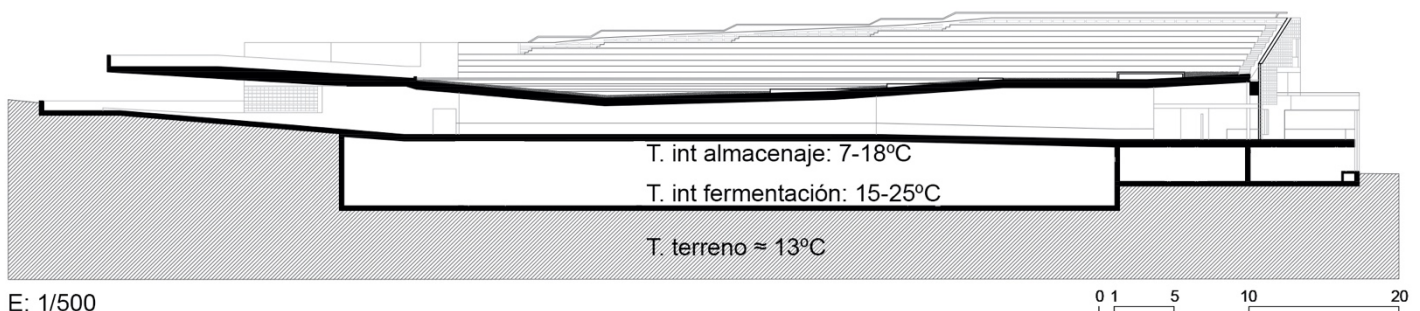
Es importante que el traspaso de calor (W) del exterior al interior sea mínimo, ya que eso mantendrá la temperatura interior con menos oscilaciones térmicas y más constante.

$$W \text{ (watts)} = S \cdot U \cdot \Delta t$$

Con esta fórmula se puede determinar si el estar enterrado ayuda a que la temperatura interior sea más adecuada. La superficie (S) es constante, la transmitancia (U) también es constante, ya que viene determinada por el tipo de material del cerramiento, así que aquello que hará que aumente o disminuya el traspaso de calor será la variación de temperatura (Δt). Así pues, hay que procurar que esta sea lo más baja posible para disminuir W. Para ello, se tendrán en cuenta los dos días más desfavorables del año, el más caluroso y el más frío.

T. exterior máx: 28°C

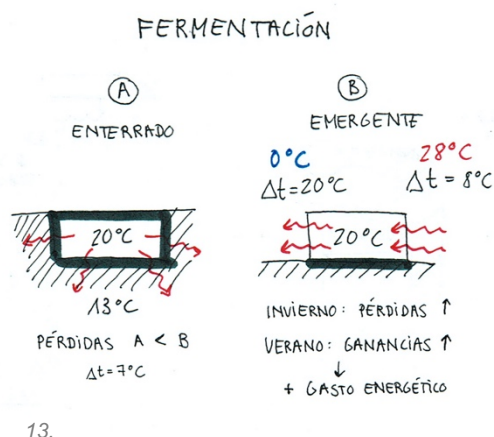
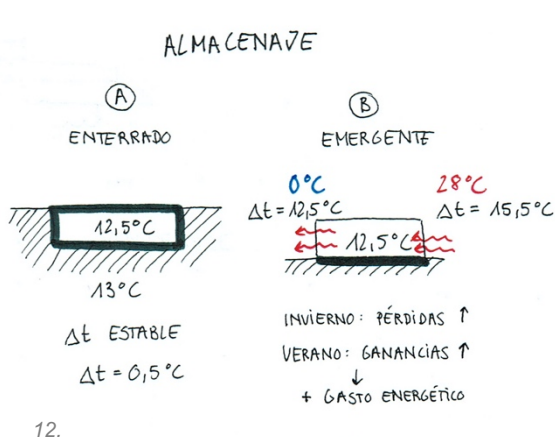
T. exterior mín: 0°C



11.

Para el almacenaje del vino (12), se requiere una temperatura de entre 7 y 18°C, se tomará una temperatura intermedia de 12,5°C para el cálculo. Teniendo en cuenta que la temperatura del terreno es de unos 13°C, Δt será de 0,5°C (13°C - 12,5°C) tanto en invierno como en verano. Si el edificio no estuviese enterrado, Δt en verano sería 15,5°C y en invierno 12,5°C. Ambos casos harían aumentar el traspaso de calor W entre interior y exterior.

Para la fermentación del vino (13) se requiere una temperatura de entre 15 y 25°C, y tomaremos una temperatura intermedia de 20°C en este caso. Siendo la temperatura del terreno de 13°C, Δt será de 7°C (13°C - 20°C) tanto en invierno como en verano. Si el edificio no estuviese enterrado, en verano tendría una Δt de 8°C y en invierno 20°C. Así pues, vemos que en el proceso de fermentación, también es adecuado el recurso de enterrar el volumen.



3.1.3. Inercia térmica

La inercia térmica, en el caso de edificios enterrados, no solo reside en la inercia del terreno, sino que también juega un papel importante la inercia que pueda tener el muro. Combinando las dos cosas es cuando se consigue un buen aislamiento. Para ello, hay que determinar qué materiales forman los cerramientos y ver su capacidad calorífica. (14)

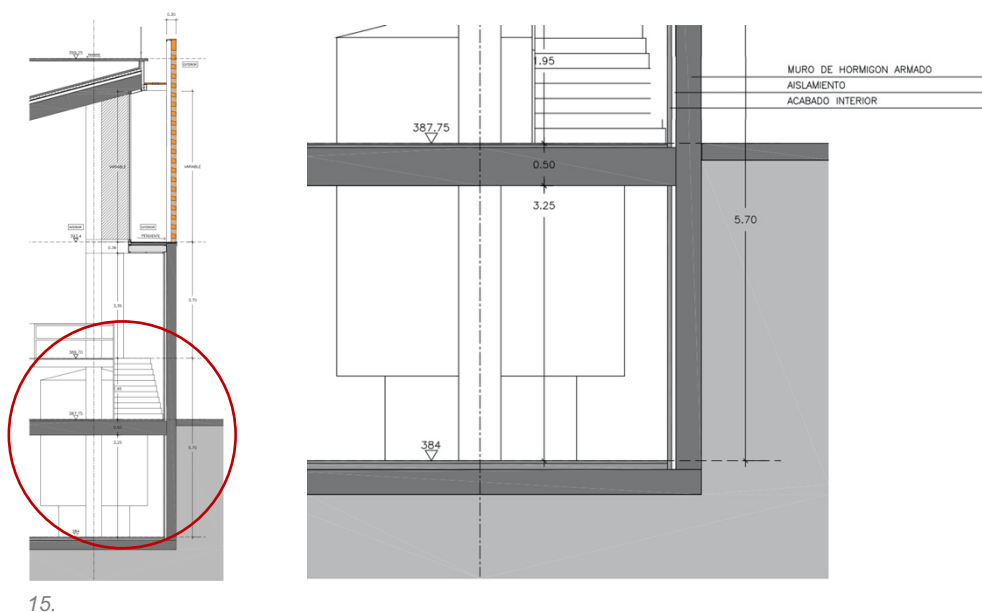
Material	Capacidad calorífica
Agua	1000 kcal/m ³ °C
Acero	950 kcal/m ³ °C
Tierra	660 kcal/m ³ °C
Granito	529 kcal/m ³ °C
Piedra caliza	484 kcal/m ³ °C
Madera roble	430 kcal/m ³ °C

Material	Capacidad calorífica
Ladrillo	400 kcal/m ³ °C
Piedra arenisca	374 kcal/m ³ °C
Hormigón	350 kcal/m ³ °C
Tejido de lana	35 kcal/m ³ °C
Poliestireno exp.	10 kcal/m ³ °C
Aire	0,29 kcal/m ³ °C

14.

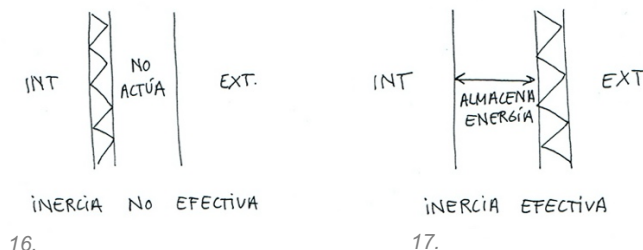
El cerramiento del edificio es de hormigón armado (15), que tiene una capacidad calorífica de 350 kcal/m³ °C. Además del cerramiento, toda la zona de fermentación y elaboración del vino en esta bodega se encuentran bajo tierra, la cual tiene una capacidad calorífica de 660 kcal/m³ °C. En este caso, el terreno es el que ayuda a mantener una elevada inercia térmica. Si el edificio no estuviese enterrado, toda la inercia dependería del muro de hormigón, cuya capacidad calorífica no es demasiado alta. Para mejorar estos valores se podrían sustituir esos cerramientos de hormigón por piedra natural, por ejemplo.

Es importante mencionar que la inercia térmica del terreno funciona realmente bien en este proyecto ya que las zonas que requieren de unas condiciones ambientales concretas están también rodeadas de tierra sobre la cubierta, y no únicamente alrededor de los cerramientos verticales.



3.1.4. Aislamiento térmico

Si se busca que los cerramientos del proyecto trabajen su inercia térmica con todos sus efectos, es imprescindible que el aislamiento térmico se coloque en el exterior, ya que de otra forma se anulan los efectos.



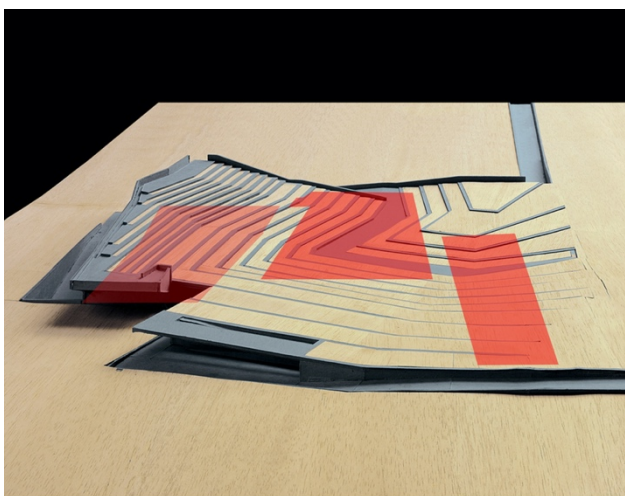
Cuando el aislamiento térmico se coloca en el interior (16), la inercia térmica no es efectiva, ya que la energía que almacena el muro no es cedida, por muy grueso que sea el muro y por mucha energía que sea capaz de conservar, nunca podrá cederla correctamente al interior ya que el

aislamiento hace de barrera. Además, las oscilaciones térmicas en el muro serán mucho mayores. En cambio, cuando se coloca en el exterior (17), es cuando la inercia térmica trabaja con todos sus efectos: el muro puede ceder la energía almacenada ya que el aislamiento no actúa de barrera con el interior, y además se producen menores oscilaciones térmicas en el muro ya que se estabiliza la temperatura de su masa.

En el caso de esta bodega se puede ver que el aislamiento está colocado en la cara interior del muro (15), lo que dificulta el correcto funcionamiento de la inercia térmica del muro. Esto no quiere decir que los efectos de la inercia térmica del terreno queden anulados, ya que las oscilaciones térmicas en muro serán mínimas en la zona enterrada debido a la temperatura constante del terreno. Sin embargo, sería algo positivo que ambos elementos, cerramiento y terreno, trabajaran de la misma manera.

3.1.5. Asentamiento en el terreno

Es interesante asentar una bodega ya que gracias a la inercia térmica del terreno las oscilaciones térmicas disminuyen y la humedad del ambiente aumenta, ambas cosas necesarias para la producción del vino. Para que estos dos factores se den, es altamente recomendable que el edificio en cuestión no esté solo en contacto con el terreno en sus cerramientos verticales, sino que también en su cubierta o cerramientos horizontales. Al menos esto debería ocurrir en las zonas del proyecto destinadas a elaborar y almacenar el vino.



18.

Se puede comprobar como esas zonas que requieren condiciones ambientales específicas se encuentran en contacto con el terreno tanto en sus paramentos verticales como horizontales en su mayoría (18), especialmente la zona de almacenaje y conservación del vino, ya que es la que necesita de un ambiente más fresco. Esto es posible gracias al elevado grado de asentamiento que tiene este proyecto.

3.1.6. Radiación electromagnética

La incidencia de la radiación electromagnética varía en función de si incide a través de un paramento opaco o translúcido. En el caso de este proyecto que se encuentra mayoritariamente enterrado, las zonas de elaboración y almacenaje del vino no tienen aberturas translúcidas, todas ellas están situadas en las zonas de recepción al público, acceso, y carga y descarga.

“Entender la bodega como una gran masa pétreo empotrada en la suave topografía nos condujo a proponer como cerramiento de la misma, en vertical y en horizontal, un recubrimiento pétreo, de piedra sin pulir ni devastar, con la idea de que este material aceptara con naturalidad la fusión con las condiciones naturales del entorno. Tan sólo las áreas administrativas y representativas se tratan como una excepción: situadas sobre el bode Sur se cierran con vidrio y celosías de madera barnizada correderas, como único material de acabado”¹

En estos elementos opacos es donde más se debe controlar el traspaso de calor por radiación solar.

$$W \text{ (watts)} = S \cdot U \cdot \Delta t$$

S (m²): superficie cerramiento

U (w/m² °K): transmitancia

Δt: variación de temperatura

Como ya se ha mencionado antes, es correcta la decisión de enterrarse para disminuir Δt. Por otro lado, es importante el material selectivo, ya que puede hacer que varíe la transmitancia. El material del acabado es un recubrimiento pétreo de piedra sin pulir ni devastar. Dado que el proyecto no ha sido construido, no existe una imagen final del proyecto donde se pueda apreciar el color del acabado. Sin embargo, en sus fotomontajes se puede apreciar un material que podría ser similar al de un tipo de piedra de color frío. Eso ayudará a reflejar la radiación solar y reducir la energía almacenada y transmitida al cerramiento.

Los elementos translúcidos de este proyecto están situados en las áreas administrativas y representativas, lo que no supone un daño para las zonas de producción.

$$W_r \text{ (watts)} = S \cdot W \cdot \zeta \cdot \alpha$$

S (m²): superficie del hueco

W (watts/m²): energía incidente

ζ: factor solar

α: factor sombra sobre hueco

Dado que el factor solar (ζ) y la energía incidentes (W) dependen del emplazamiento, es importante que los huecos no sean excesivos (S), así como disponer de elementos de control solar (α). En este caso la radiación parece estar bastante controlada, ya que en este proyecto que quiere ser

¹ LLINÁS, J., *El Croquis 128*, Josep Llinás. Madrid: El Croquis SL, 2011. pp. 178.

tan opaco e inexpresivo se tratan las aberturas como una excepción, y siempre acompañadas de celosías de madera como protección solar.

3.1.7. Ventilación

“Por otra parte, la no necesidad de luz natural para las naves – más bien al contrario, ésta podía alterar las condiciones de humedad y temperatura requeridas – hace que la parte emergente de la Bodega se presente como un volumen opaco e inexpresivo”²

La ventilación en las zonas sensibles a los cambios de temperatura y humedad es mínima. Esta decisión es acertada, ya que se tratan de forma diferente los “dos mudos opuestos” de la bodega. Mientras que la zona de producción del vino se mantiene hermética y ajena a los cambios ambientales y visuales del exterior, la zona de áreas administrativas y representativas se abren al exterior, con sistemas de regulación solar y visual, y permite una ventilación higiénica adecuada.

3.1.8. El suelo como soporte activo

El hecho de enterrar el edificio no solo proporciona beneficios energéticos a esta bodega, sino que el diálogo que surge entre el proyecto y su soporte se convierte en algo mucho más rico.

“Modificar el suelo que pisamos, cubrirlo, perforarlo y, en definitiva, moldear la superficie de la tierra, nos sitúa en el inicio de la arquitectura como expresión cultural.”³

En ocasiones parece que, en la arquitectura, el suelo es un simple elemento de soporte donde colocar volúmenes y objetos. Sin embargo, en el momento en el que se abre el campo de expresión y se toma la decisión de enterrar ese volumen, se abre un diálogo y se empieza a entender el suelo como agente activo del proyecto.

En este proyecto de Josep Llinás, este diálogo está muy patente. El proyecto consiste en tomar el terreno como punto de partida. El proyecto se moldea al terreno, y no a la inversa. *“Buscamos la topografía con mayor pendiente, de manera que las cubiertas de la Bodega quedasen a la cota topográfica de mayor altura y la construcción tuviera fachadas tan sólo como consecuencia de la diferencia de nivel.”⁴* El terreno se convierte en parte del proyecto, sin suelo no existe proyecto.

A veces, a voluntad de conseguir altas iluminaciones y transparencias parece que el subsuelo deja de tener cabida en la arquitectura. Pero en ciertas ocasiones, como en el caso de las bodegas, el edificio pide unas condiciones que están muy alejadas de esas voluntades, y el terreno se convierte en el mejor aliado para darle valor al proyecto

² LLINÁS, J., *El Croquis 128*, Josep Llinás. Madrid: El Croquis SL, 2011. pp. 178.

³ RIBAS SEIX, CARME, *El retorn al subsòl, tres museus del segle XX*.

⁴ LLINÁS, J., *El Croquis 128*, Josep Llinás. Madrid: El Croquis SL, 2011. pp. 170.

3.2. Bodegas Protos de Richard Rogers y Alonso y Balaguer

Bodegas Protos es un proyecto realizado por Richard Rogers junto con Alonso y Balaguer. Se encuentran en Peñafiel, Castilla León, a 56km de Valladolid, y fueron construidas en 2008.

Compositivamente, el proyecto es un volumen ligero que se asienta sobre un pesado zócalo. Sus arquitectos definen el proyecto como una reinterpretación contemporánea de la bodega tradicional, por el uso de la inercia térmica y materiales locales.

*“Bodegas Protos is a contemporary reinterpretation of the traditional winery; it employs effective use of thermal ground mass, a large flexible warehouse and construction materials in keeping with the local vernacular. The concept of the building’s design follows the journey of the grape in the wine-making process, with each part of the facility conceived to provide the most appropriate environmental conditions.”*⁵



19.



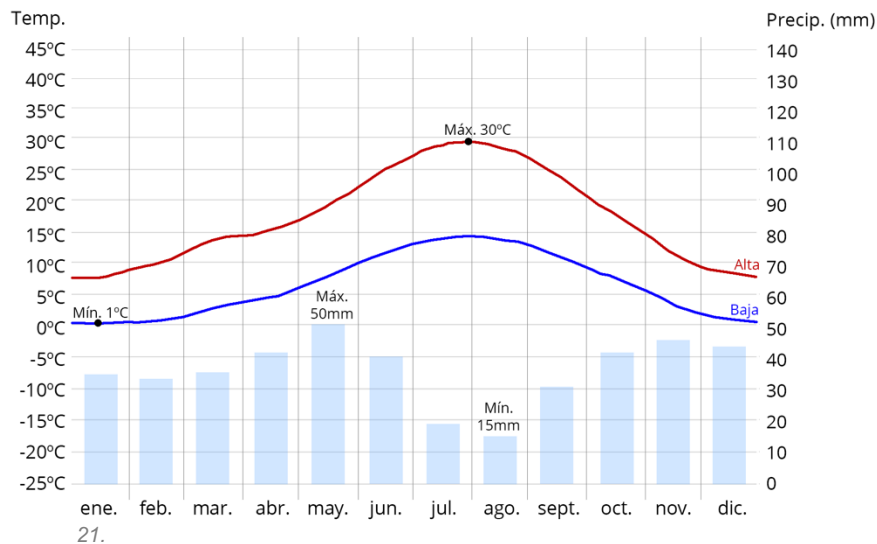
20.

E: 1/15000

⁵ ROGERS STIRK HARBOUR + PARTNERS. *Bodegas Protos*. [consulta: 8 mayo 2020] Disponible en: <https://www.rsh-p.com/projects/bodegas-protos/> <https://www.rsh-p.com/projects/bodegas-protos/>

3.2.1. Clima en Peñafiel

El clima en Peñafiel (21) se caracteriza por ser bastante seco, especialmente en verano. Durante el invierno las temperaturas alcanzan 1°C, rara vez se registran temperaturas negativas. Los veranos son cortos y secos, con temperaturas que llegan a los 30°C, y en ocasiones puntuales alcanzando los 34°C. Es un clima templado en el que la temperatura promedio anual es de 12.1°C.

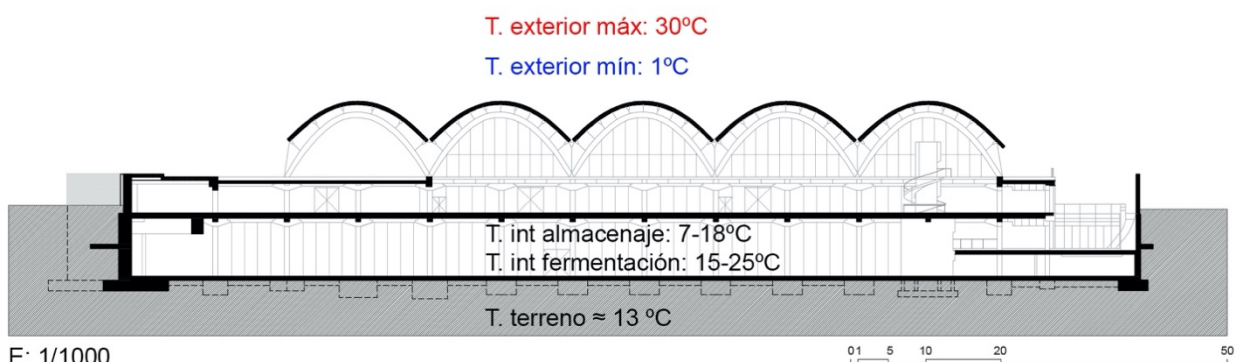


3.2.2. Cargas térmicas

De nuevo, esta fórmula nos permite determinar si el estar enterrado ayuda a que el traspaso de calor (W) sea mínimo, evitando oscilaciones térmicas.

$$W \text{ (watts)} = S \cdot U \cdot \Delta t$$

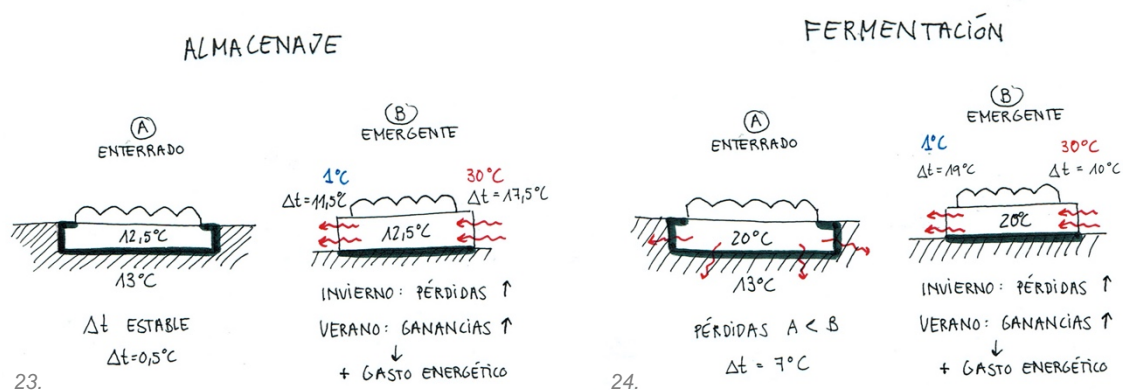
Siendo los datos de superficie (S) y transmitancia (U) constantes, se puede deducir que la variación de W viene determinada la variación de temperatura (Δt). Así pues, hay que procurar que esta variación sea lo más pequeña posible. Para ello, se tendrán en cuenta los dos días más desfavorables del año, el más caluroso y el más frío.



22.

Siguiendo el mismo proceso que en el anterior análisis, se tomará una temperatura media de 12,5°C como temperatura idónea para el almacenaje del vino, y de 20°C para su fermentación. Teniendo en cuenta que la temperatura del terreno es de unos 13°C, Δt en las zonas de almacenaje del vino (23) será de 0,5°C (13°C - 12,5°C) durante todo el año. Si el edificio no estuviese enterrado, Δt en verano sería 17,5°C (30°C - 12,5°C) y en invierno 11,5°C (1°C - 12,5°C). Ambos casos harían aumentar el traspaso de calor W entre interior y exterior.

En las zonas de fermentación del vino (24), Δt sería de 7°C (13°C - 20°C) durante todo el año, estando el edificio enterrado. De lo contrario, en verano tendría una Δt de 10°C y en invierno 19°C. Así pues, vemos que el recurso de enterrar el volumen también es adecuado para el proceso de fermentación.



3.2.3. Inercia térmica

En este proyecto hay una parte enterrada y otra emergente. La zona que se encuentra sobre el nivel de calle tiene cerramientos de vidrio. En esta zona del proyecto, la inercia térmica no actuaría, por lo que es importante que esa zona se encuentre separada climáticamente de las áreas de fermentación y almacenaje del vino. En la zona que se encuentra bajo tierra, sí que se puede hablar de inercia térmica, tanto por el papel que juega el terreno como el de los cerramientos subterráneos.

Material	Capacidad calorífica
Agua	1000 kcal/m ³ °C
Acero	950 kcal/m ³ °C
Tierra	660 kcal/m ³ °C
Granito	529 kcal/m ³ °C
Piedra caliza	484 kcal/m ³ °C
Madera roble	430 kcal/m ³ °C

Material	Capacidad calorífica
Ladrillo	400 kcal/m ³ °C
Piedra arenisca	374 kcal/m ³ °C
Hormigón	350 kcal/m ³ °C
Tejido de lana	35 kcal/m ³ °C
Poliestireno exp.	10 kcal/m ³ °C
Aire	0,29 kcal/m ³ °C

En este caso, los cerramientos en contacto con el terreno son de hormigón armado, cuya capacidad calorífica es de 350 kcal/m³ °C. Las zonas que requieren de unas condiciones

ambientales específicas son las que se encuentran bajo tierra (capacidad calorífica de 660 kcal/m^3 $^{\circ}\text{C}$). Así pues, se puede determinar que a pesar de que el proyecto no está enterrado por completo, sí lo está en las zonas que requieren de mayor inercia térmica. En este caso, el terreno es el que ayuda a mantener una elevada inercia térmica, ya que si la bodega no estuviese enterrada, toda la inercia dependería del muro de hormigón, cuya capacidad calorífica no es tan alta como la del terreno u otros materiales como la piedra natural.

La forma en la que está estructurada esta bodega hace imposible que se utilice la inercia térmica del terreno en la cubierta. Sin embargo, eso se compensa con la segregación de las dos zonas de la bodega que requieren condiciones ambientales distintas: la zona de producción y la zona abierta al público.

3.2.4. Aislamiento térmico

Como ya se ha mencionado, para que la inercia térmica del muro funcione, el aislamiento térmico debe estar colocado en la cara exterior de este.



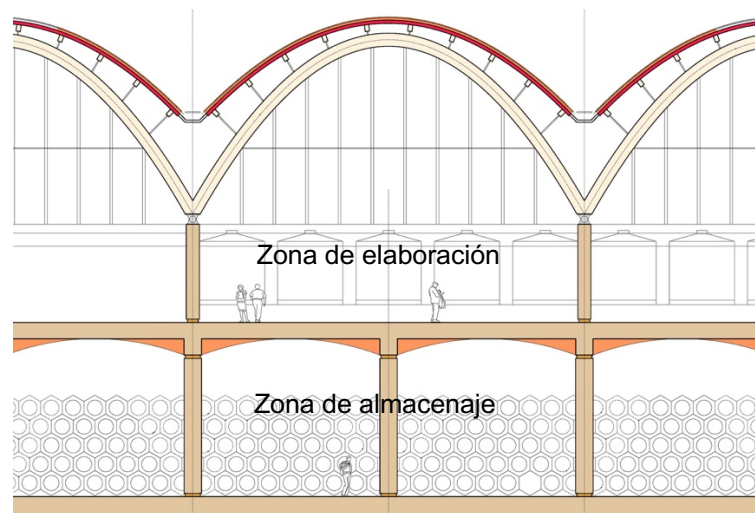
26.

Se puede observar durante el proceso de construcción (26), que el aislamiento térmico se coloca en el exterior del muro de hormigón prefabricado. Esto es algo positivo en cuanto al potenciamiento de la inercia térmica del muro ya que las oscilaciones térmicas en este serán menores. El cerramiento puede almacenar la energía almacenada y cederla ya que el aislamiento no actúa de barrera entre el interior y el muro. La inercia térmica en las zonas de fermentación y almacenaje actúa de manera óptima, ya que térmicamente no solo trabaja el terreno sino que también el cerramiento.

Como sugerencia de mejora, sería algo positivo que esta inercia térmica también se tuviera en cuenta en la cubierta de las zonas sensibles a los cambios ambientales. Si el edificio estuviera completamente enterrado y cubierto de tierra, la inercia térmica trabajaría con todos sus efectos.

3.2.5. Asentamiento en el terreno

Para que las oscilaciones térmicas disminuyan y se mantenga la humedad necesaria en el ambiente, es muy favorable el asentamiento del volumen en el terreno. Para que estas condiciones ambientales tengan lugar, es recomendable que el terreno no solo ayude a mantener estable las oscilaciones térmicas del muro de los cerramientos verticales, sino que también de los horizontales. En este caso el edificio no está totalmente enterrado y la inercia térmica del terreno no actúa en la cubierta. Por ello, es importante que el forjado que separa el ambiente acristalado superior de la zona de producción esté muy bien aislado.



27.

En esta sección (27) se puede observar que la zona de almacenaje del vino se encuentra en la zona subterránea. Esto es algo favorable, ya que se requiere una temperatura de entre 7 y 18°C para su correcta preservación. Sin embargo, la zona de elaboración se encuentra bajo la estructura de arcos que no se encuentra enterrada. La elaboración y fermentación del vino requiere también de temperaturas concretas, de entre 20 y 25°C en este caso. Esta temperatura no es difícil de conseguir en verano con la ayuda de maquinarias de refrigeración. Por el contrario, en invierno las temperaturas en Peñafiel pueden llegar a los 0°C, lo que implica que, durante esos meses del año, se necesitará climatizar constantemente la zona bajo los arcos, que cuenta con una altura de 12 metros y se encuentra rodeada de vidrio. Ya sea mediante la ayuda de estas maquinarias de climatización o con el uso de tanques de acero capaces de regular la temperatura del vino mecánicamente, el gasto energético es considerablemente mayor que si se hubiese tomado la decisión de mantener esta zona enterrada, al igual que la zona de almacenaje.

3.2.6. Radiación electromagnética

La zona de almacenaje del vino está protegida de la radiación solar por el hecho de estar enterrada. Es la zona de elaboración, situada bajo los arcos, la que podría estar mas expuesta.

Los cerramientos de esta zona de la bodega son de vidrio, por lo que es importante que el edificio se proteja de la radiación directa al vidrio para evitar el efecto invernadero.

$$W_r \text{ (watts)} = S \cdot W \cdot \zeta \cdot \alpha$$

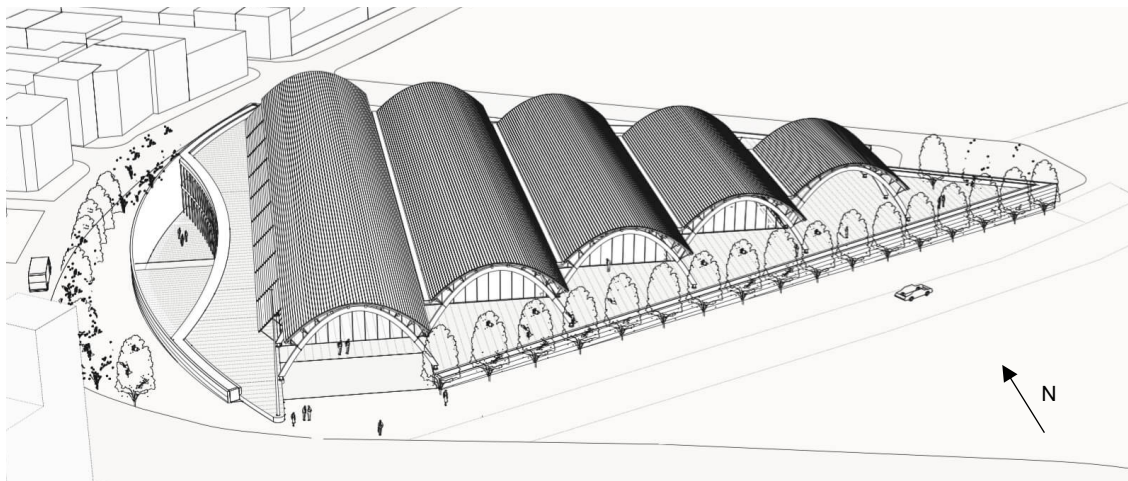
S (m²): superficie del hueco

W (watts/m²): energía incidente

ζ: factor solar

α: factor sombra sobre hueco

Como ya se ha comentado, W y ζ dependen de la climatología del lugar. El proyecto juega con las variables de superficie del hueco y con el factor de sombra. Los cerramientos bajo los arcos son vidriados, por lo que la superficie del hueco (S), es considerablemente elevada, así que es importante elevar el factor sombra. Para ello, la fachada sur está protegida por un voladizo de 9 metros, mientras que las fachadas este y oeste están protegidas por unos paneles de lamas tubulares (28).



28.

Las tejas de terracota de los arcos de la cubierta generan una cavidad ventilada, lo que permite que el calor del sol se disipe en lugar de irradiar ese calor hacia el interior de la bodega.

3.2.7. Ventilación

Debido a que las zonas de producción y almacenamiento requieren de una ventilación muy limitada, ya que esto podría alterar las condiciones de humedad y temperatura necesarias, la ventilación del proyecto debería limitarse a las zonas de administración y acceso al público. Como ya se ha comentado, la zona de acceso al público es la misma que la zona de producción, por ello ese gran volumen de aire contenido bajo los arcos se renovará de manera mecánica. Para la zona de administración, el proyecto cuenta con un “jardín hundido” o patio con vistas al Castillo de Peñafiel que garantiza la ventilación e iluminación de las oficinas, el cual también se utiliza de espacio de descanso al aire libre del personal.

3.2.8. El suelo como soporte activo

En el caso de esta bodega, la parte enterrada del edificio se entiende como un gran zócalo que ayuda a anclar el edificio al terreno. Este zócalo ayuda a nivelar las cotas creando un plano horizontal donde asentar aquello que se lleva todas las miradas: los arcos. Sin embargo, la voluntad del proyecto no es querer esconder esa parte enterrada, ya que sus muros salen de la superficie y se manifiestan en forma de muro perimetral que envuelve el proyecto dentro de un recinto. Es un gran volumen enterrado con un conjunto de 5 arcos que parecen flotar sobre él.

Es cierto que la idea de tomar el suelo como soporte activo no es tan fuerte si se compara con el caso anterior. Sin embargo, la relación visual que establece el proyecto entre la zona emergente y la enterrada, hace pensar que la bodega tiene la voluntad de enseñar lo que hay bajo la cota de la calle. (29)



29.

Compositivamente, la decisión de enterrar el volumen de hormigón es un acierto, ya que, en este caso, esta bodega no se sitúa completamente alejada de la civilización. El impacto visual que tendría este gran zócalo para los residentes de la zona si no estuviese enterrado sería desmedido.

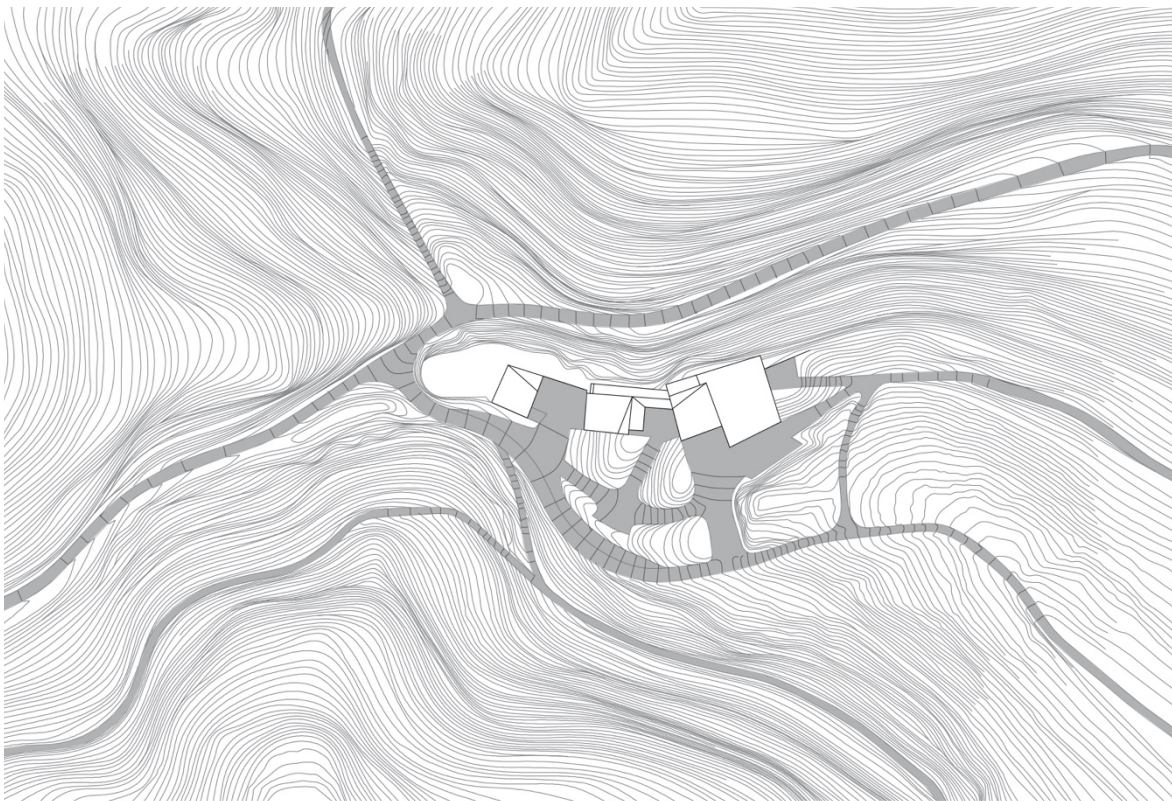
3.3. Bodega Descendientes de J. Palacios de Rafael Moneo

Esta bodega diseñada por Rafael Moneo se encuentra en Corullón, un municipio de la localidad de El Bierzo en León, Castilla y León.

“Los requisitos del cliente eran: que la bodega mantuviera, en principio, las condiciones climáticas exigidas para la elaboración del vino de un modo natural; que el proceso de elaboración se produjese gradual y escalonadamente; que el acceso rodado en torno a la bodega se produjese distinguiendo tres tipos de tráfico: uvas, trabajadores, visitantes y expedición de vino embotellado. Dicho lo cual puede entenderse que la bodega se estructure según tres volúmenes bien asentados en el terreno que permiten reconocer lo que es el proceso de vinificación.”⁶



30.



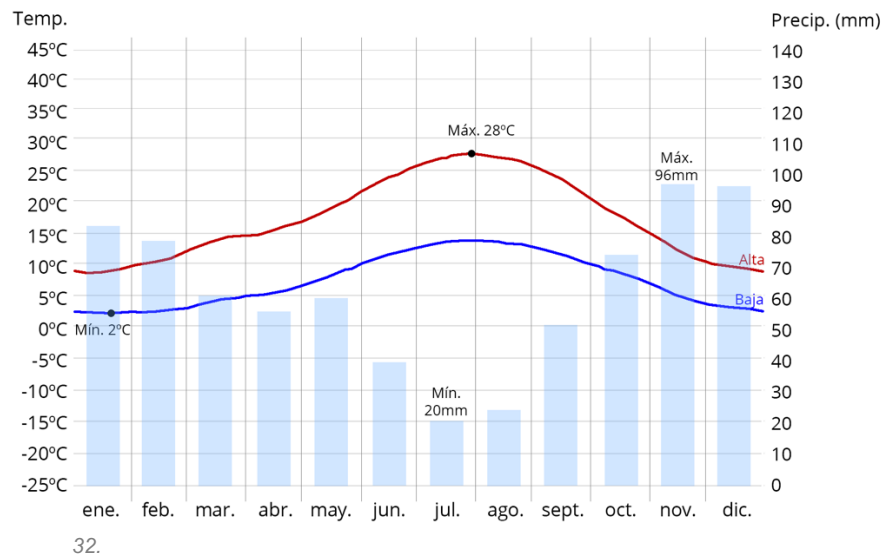
31.

E: 1/15000

⁶ MONEO, RAFAEL, *Bodegas Descendientes de J. Palacios*, [consulta: 14 mayo 2020] Disponible en: <http://rafaelmoneo.com/proyectos/bodegas-descendientes-de-j-palacios/>

3.3.1. Clima en Corullón, Castilla y León

El clima en Corullón (32) es templado, con una temperatura promedio de 12.4°C. Los meses de invierno son mucho mas lluviosos que los meses veraniegos. Durante el invierno las temperaturas alcanzan los 2°C, rara vez se registran temperaturas negativas. Los veranos son bastante secos, con temperaturas que llegan a los 28°C.

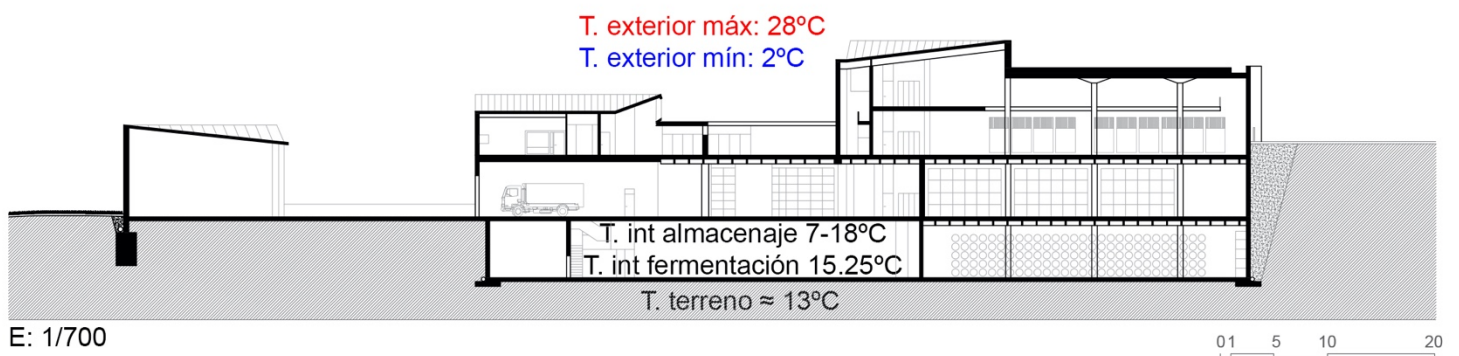


3.3.2. Cargas térmicas

Utilizando esta fórmula se determina si el estar enterrado ayuda a que el traspaso de calor (W) disminuya, así como las oscilaciones térmicas en el interior.

$$W \text{ (watts)} = S \cdot U \cdot \Delta t$$

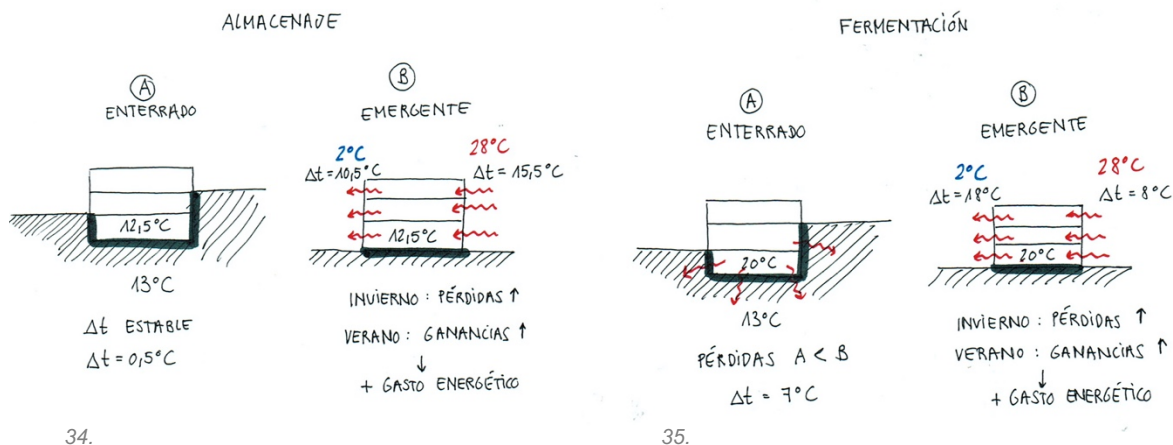
Una vez más, los datos de superficie (S) y transmitancia (U) constantes, así que será la variación de temperatura (Δt) la que determine el traspaso de calor. Hay que intentar que esta variación sea lo más leve posible. Para ello, se tendrán en cuenta los dos días más desfavorables del año, el más caluroso y el más frío.



Como ya se ha hecho anteriormente, se tomará una temperatura media de 12,5°C como temperatura idónea para el almacenaje del vino, y de 20°C para su fermentación.

Con una temperatura de aproximadamente 13°C en el terreno, Δt en las zonas de almacenaje del vino (34) será de 0,5°C (13°C - 12,5°C) durante todo el año. Si la zona de almacenaje no estuviese enterrada, Δt en verano sería 15,5°C (28°C - 12,5°C) y en invierno 10,5°C (2°C - 12,5°C). En ambas estaciones el traspaso de calor W entre interior y exterior sería mayor.

En las zonas de fermentación del vino (35), Δt será de 7°C (13°C - 20°C) durante todo el año. En cambio, sin esta decisión de proyecto, en verano tendría una Δt de 8°C y en invierno 18°C.



3.3.3. Inercia térmica

Esta bodega está parcialmente enterrada, sin embargo, las zonas de elaboración y almacenaje sí que se encuentran bajo tierra. Por lo tanto, para la climatización de esos espacios es importante tanto la inercia térmica que se aprovecha del terreno como la que se pueda aprovechar de los cerramientos.

Material	Capacidad calorífica
Agua	1000 kcal/m ³ °C
Acero	950 kcal/m ³ °C
Tierra	660 kcal/m ³ °C
Granito	529 kcal/m ³ °C
Piedra caliza	484 kcal/m ³ °C
Madera roble	430 kcal/m ³ °C

36.

Material	Capacidad calorífica
Ladrillo	400 kcal/m ³ °C
Piedra arenisca	374 kcal/m ³ °C
Hormigón	350 kcal/m ³ °C
Tejido de lana	35 kcal/m ³ °C
Poliestireno exp.	10 kcal/m ³ °C
Aire	0,29 kcal/m ³ °C

Principalmente, esta bodega está compuesta de hormigón, cuya capacidad calorífica es de 350 kcal/m³ °C. A pesar de que este material es el predominante, en algunas zonas de la parte subterránea de la bodega, Moneo decide dejar algunos vestigios de la piedra (37) que se encuentra en el lugar, a 16 metros de profundidad.



37.

Esta piedra se corresponde con la piedra caliza que se extrae de la cantera Tobal de los Vados y Cobas, una cantera muy cercana a la ubicación del proyecto. Su capacidad calorífica sería de $484 \text{ kcal/m}^3 \text{ } ^\circ\text{C}$, mayor a la del hormigón. Este material situado en puntos concretos del proyecto ayudaría a aprovechar los beneficios de la inercia térmica en estos espacios, -ya que actúa como cerramiento- además de la inercia que ya proporciona el propio terreno en toda la zona enterrada.

3.3.4. Aislamiento térmico

Como se ha comentado anteriormente, el aislamiento es recomendable que esté colocado en la cara exterior del muro para que este explote todas sus posibilidades en cuanto a inercia térmica. Haciéndolo de esta forma, las oscilaciones térmicas en el muro disminuyen, permitiendo así que las condiciones ambientales del interior sean mucho más estables.



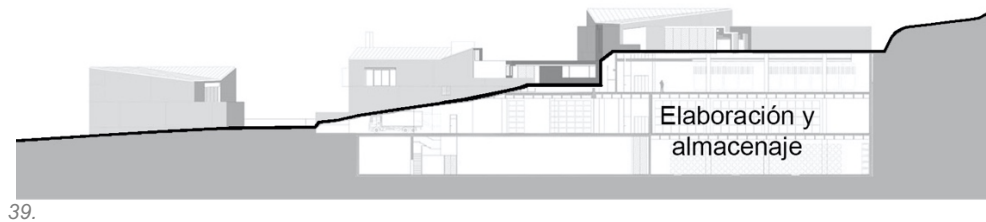
38.

En esta imagen del proceso de construcción de la bodega, se puede apreciar que el aislamiento se coloca en la cara exterior del muro.

3.3.5. Asentamiento en el terreno

El asentamiento del edificio es algo beneficioso para que las oscilaciones térmicas disminuyan y se mantenga la humedad necesaria en el ambiente. En este caso, no todo el edificio se encuentra bajo tierra, pero las zonas que requieren de condiciones ambientales -zona de elaboración y almacenaje- sí que se encuentran situadas bajo tierra. (39)

Es recomendable que el terreno no solo esté en contacto con los cerramientos verticales, sino que también con los horizontales. En este caso el edificio no está totalmente enterrado y la inercia térmica del terreno no actúa en la cubierta. Por ello, es importante que el forjado que separa las zonas enterradas del resto de zonas esté bien aislado.



3.3.6. Radiación electromagnética

Esta bodega se encuentra enterrada en más de la mitad de su volumen. Por lo que se puede apreciar en las fotografías, el volumen que se encuentran situado sobre el terreno es bastante opaco, predomina lo masivo frente a lo hueco, no tiene aperturas excesivas y además estas cuentan con diferentes tipos de filtro solar.



$$W_r \text{ (watts)} = S \cdot W \cdot \zeta \cdot \alpha$$

S (m2): superficie del hueco

W (watts/m2): energía incidente

ζ : factor solar

α : factor sombra sobre hueco

Como ya se ha comentado, la cantidad de superficie vidriada (S) no es exagerada, y en la mayoría de los casos cuenta con algún tipo de protección solar (α), como pueden ser aleros en las ventanas (40), ventanas tipo bow-window (41) o celosías en huecos de ventilación (42).



41.



42.



43.

Por otro lado, cabe mencionar que los espacios que disponen de aberturas son los destinados a recibir al público, y zonas de exposición, catas y eventos. De esta manera, las condiciones ambientales que requieren las zonas de producción no se ven afectadas.

3.3.7. Ventilación

Dado que las zonas de producción y almacenaje se encuentran enterradas, no cuentan con ventilación natural -ya que esto podría alterar las temperaturas y la humedad requeridas- y se ventilan mediante mecanismos de extracción mecánicos cuando el ambiente lo requiere.

En cambio, en las zonas de personal, laboratorios, y zonas abiertas al público, sí que cuentan con una serie de huecos que, además de ventilar, potencian intencionadamente las vistas hacia las viñas. Se puede observar que a pesar de ser un elemento pétreo poco perforado, esas perforaciones son muy intencionadas. (44)



44.



Cada uno de los tres volúmenes de esta bodega tiene un patio destinado a un uso directamente relacionado con el uso del interior. Uno de los tres patios funciona como zona de descanso del personal, y es este el que ayuda a ventilar esas zonas que requieren de una ventilación higiénica. *“Y en correspondencia con estos tres edificios aparecen tres patios: un patio de vendimia en la cota más alta, 732m; un patio de vida cotidiana en el que se emplazan las oficinas y desde el que se accede a los depósitos y el laboratorio, cota 726m; un patio de expedición en el que confluyen las actividades agrícolas con la recepción de los camiones que recogen el vino embotellado, cota 720m.”*⁷

3.3.8. El suelo como soporte activo

No es casualidad que el proyecto se ubique en un solar con una pendiente que permite enterrar más de la mitad del edificio. Esto hace que el volumen sobresalga lo suficiente como para no desaparecer, pero a la vez tomar los beneficios energéticos que proporciona la inercia térmica del terreno. El edificio quiere ser respetuoso con el paisaje e integrarse en él.

*“La vocación de integración con el medio rural en que nació la bodega, el respeto por el medio ambiente, recuperando tanto variedades de uva autóctona como técnicas de producción tradicionales, y el arraigo y compromiso, incluso social, con los municipios de Villafranca y Corullón, fueron factores determinantes en la elección del solar para la nueva bodega.”*⁸

En este caso, la decisión de enterrar parcialmente el edificio hace que el proyecto y el terreno formen parte de un mismo conjunto, y hace posible el diálogo entre la bodega y los viñedos. Seguramente este diálogo no sería viable si esta masa pétreo se levantara completamente sobre el terreno, imponiendo sus aproximadamente 20 metros de altura, alterando por completo la percepción del lugar.

⁷ MONEO, RAFAEL, *Bodegas Descendientes de J. Palacios*, [consulta: 17 mayo 2020] Disponible en: <http://rafaelmoneo.com/proyectos/bodegas-descendientes-de-j-palacios/>

⁸ MONEO, RAFAEL, *Bodegas Descendientes de J. Palacios*, [consulta: 17 mayo 2020] Disponible en: <http://rafaelmoneo.com/proyectos/bodegas-descendientes-de-j-palacios/>

4. Conclusiones

4.1.

El análisis técnico de estos tres proyectos nos muestra que hay varios factores que indican que sí es beneficiosa la estrategia de enterrar una bodega. El beneficio más obvio -o más fácil de intuir- que aporta el enterrar una bodega es la anulación de los cambios de temperatura y humedad que puedan producirse en el exterior. Cuando el edificio deja de estar en contacto con el aire para entrar en contacto con la tierra, se asegura que las condiciones ambientales exteriores serán mucho más estables durante todo el año, y que disminuirá el traspaso de cargas térmicas. De esta forma, es mucho más fácil controlar que el ambiente interior se mantenga en las condiciones deseadas, especialmente en climas con saltos térmicos importantes entre día y noche, o climas con temperaturas extremas muy cálidas en verano o muy frías en invierno.

En este sentido, las tres bodegas se aferran a este beneficio, especialmente la de Josep Llinás, al encontrarse prácticamente enterrada por completo. Gracias a eso, esta bodega juega con el añadido de que la inercia térmica del terreno actúa en cada uno de sus cerramientos, tanto verticales como horizontales. De lo contrario, al estar parcialmente enterrado, el forjado que separa las zonas enterradas de las emergentes deberá estar muy bien aislado, con la finalidad de que las condiciones climáticas de estas zonas enterradas no se vean alteradas si las plantas superiores emergentes llegaran a enfriarse o calentarse más de la cuenta. Así pues, el proyecto de Rogers y el de Moneo deben prestar especial atención en las soluciones constructivas de los forjados en cuanto al aislamiento térmico. Otra de las ventajas que puede tener la bodega de Llinás frente a las otras dos, es el hecho de reducir el impacto de la radiación electromagnética directa. Esta bodega cuenta con el espesor de tierra que cubre la cubierta para absorber esa radiación e impedir que se traspase al interior. Por otro lado, hay que tener en cuenta que las aberturas que hay en el proyecto de Rogers y Alonso y Balaguer son mucho mayores a las de la bodega de Moneo. En esta última bodega predomina lo masivo frente al hueco, creando aberturas puntuales como excepción, en cambio en la de Rogers, todo el cerramiento perimetral emergente es de vidrio. A pesar de contar con protecciones solares, sería favorable tomar la decisión de reducir los huecos para evitar el exceso de radiación electromagnética.

Por otro lado, es importante tener en cuenta que la inercia térmica no solo es aportada por el terreno, sino que los cerramientos también juegan un papel importante en cuanto a esta capacidad de almacenar energía. Los cerramientos de las tres bodegas son de hormigón armado, cuya capacidad calorífica no es mala, pero no es tan buena como puede ser la de la piedra natural. En este sentido, en la bodega de Rafael Moneo, la decisión de dejar ciertos vestigios de piedra en algunos puntos no solo aportará un valor añadido visual al proyecto, sino que además, en esos puntos del muro aumentará la capacidad calorífica del cerramiento, y por lo tanto su inercia térmica, haciendo que estas zonas de piedra tengan una mayor capacidad de almacenar energía y cederla progresivamente. Si consideramos el papel importante que juega el cerramiento en

cuanto a la inercia térmica, también es esencial colocar el aislamiento térmico en el lugar correcto. Para que la inercia del muro pueda trabajar con todos sus efectos, el aislamiento debe estar colocado en la cara exterior. De lo contrario, si se coloca en el interior, se anula el efecto de la inercia térmica al no poder ceder al interior la energía almacenada. En este caso dará igual el espesor que tenga el muro y la cantidad de energía que sea capaz de almacenar. Sin embargo, si se coloca en el exterior, como ocurre en la Bodega Protos y en la Bodega Descendientes de J. Palacios, las oscilaciones térmicas del muro son mucho menores y no hay barreras que impidan ceder la energía almacenada al interior. Todos estos factores ayudan a entender de manera técnica por qué es favorable tomar la decisión de situar una bodega bajo tierra como se hacía antiguamente, aprovechando los recursos naturales del terreno, e intentando minimizar el gasto energético que supone el tener que climatizar durante todo el año de manera mecánica un espacio tan grande y sensible a los cambios.

4.2.

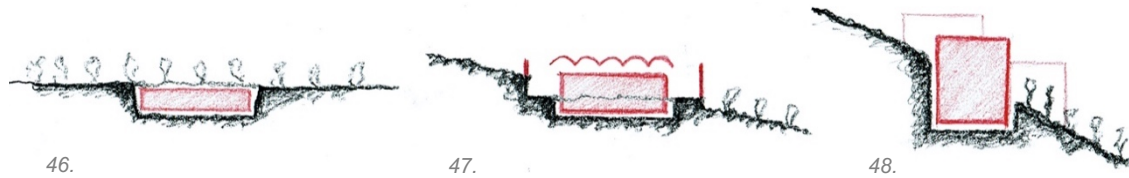
Este análisis técnico del funcionamiento energético de las bodegas enterradas aporta datos empíricos de los beneficios que esto conlleva, como se ha visto en los distintos análisis de las bodegas estudiadas. Pero además de estas bondades energéticas, existe un factor importante que le da un carácter diferente al proyecto: la relación del proyecto con el terreno. En ocasiones -especialmente en la arquitectura de los orígenes de la modernidad- parece que el suelo consiste únicamente en un mero soporte donde depositar el proyecto, creando una visión simplificadora del terreno. Sin embargo, estos tres proyectos dan a entender que el terreno es susceptible de convertirse en una parte esencial del proyecto. De alguna manera -como hace Jorn Utzon- el terreno se entiende como un elemento que se incorpora al proyecto arquitectónico (45) que tiene la capacidad de ser moldeada para que el proyecto se integre en el lugar. *“Es muy importante mostrar la fuerza expresiva de la plataforma y no destruirla con las formas que se construyen sobre ella. [...] El contraste de formas y el constante cambio de alturas entre los elementos dan como resultado espacios de gran fuerza arquitectónica. Obtenidos gracias a las posibilidades que brindan las modernas técnicas que han puesto en manos del arquitecto una hermosa herramienta.”*⁹



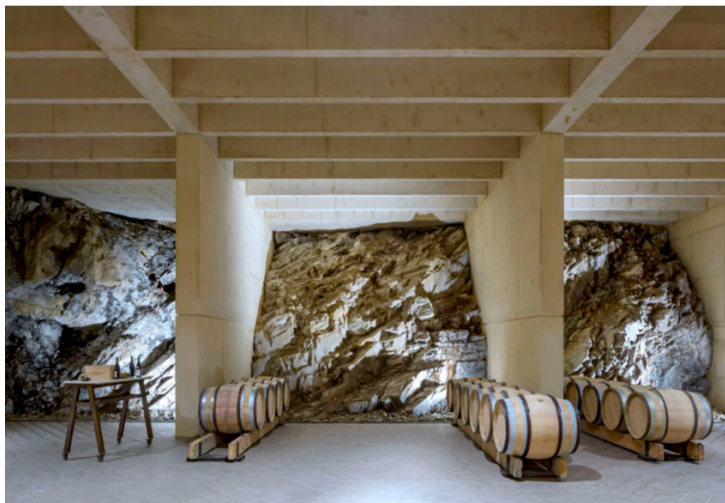
Esta maleabilidad del terreno es la que finalmente da un valor añadido a estos tres proyectos que interactúan con el suelo. Cada proyecto acaba creando su propia relación con el suelo, con un sentido y resultados diferentes. En el proyecto de Llinás construye una plataforma hundida o invertida (46) que absorbe el proyecto para finalmente formar un solo conjunto. En la bodega de

⁹ UTZON, JORN, *Plataformas y mesetas*. Cuaderno Rojo, pp. 192-198. 2005-2006.

Rogers y Alonso y Balaguer (47) se transforma la parcela en un recinto, y en ese terreno interior rodeado de muros se construye la plataforma para nivelar el suelo sobre el cual se asentarán los límites de la bodega. Finalmente, la bodega de Moneo (48) aprovecha ese desnivel para crear un efecto de edificio escalonado aprovechando las vistas, esta modificación del terreno se convierte en una grada que mira a los viñedos.



En estas bodegas -especialmente en el proyecto de Llinás- se vuelve a la arquitectura tradicional de las catacumbas en la que se pierde la fachada y se desata un diálogo con el terreno, que acaba convirtiéndose en agente activo del proyecto. Además, al desaparecer las fachadas, el interior acaba tomando un valor arquitectónico muy relevante en el proyecto. *“La desaparición de la envolvente lo convierte en una manifestación estricta del espacio interior. Espacio obtenido a partir de la sustracción de material y por tanto únicamente definido mediante el volumen de aire y la luz que lo cualifica.”*¹⁰ En el proyecto de Moneo se puede comprobar la riqueza que adquieren estos espacios interiores enterrados, y la importancia de la luz y el aire en ellos. (49)



49.



4.3.

Esta decisión de recuperar la arquitectura tradicional de las bodegas enterradas está directamente relacionada con el emplazamiento. Un proyecto de bodegas está vinculado a la actividad agrícola, y suele estar situado en un ambiente rural, o al menos en un emplazamiento relacionado con la naturaleza. Es importante que la bodega sepa interactuar con esta ubicación, evitando imponerse e intentando que sea una relación simbiótica. Al recurrir al subsuelo, el proyecto se convierte mucho más respetuoso con el paisaje, y se crea un diálogo simultáneo entre el entorno -viñedos

¹⁰ RIBAS SEIX, CARME, *El retorn al subsòl, tres museus del segle XX*.

en este caso- y la bodega. Esta relación entre bodega y viñedos, que inicialmente puede parecer solo una relación ligada a la cadena de producción del vino, se convierte en un elemento del proyecto arquitectónico muy importante cuando este decide enterrarse total o parcialmente. Ya sea para utilizar la cubierta de la bodega como una extensión de la zona de viñedos -como en la bodega de Llinás- o como foco principal de las visuales que se generan entre el interior del proyecto y los viñedos del exterior, como ocurre en el proyecto de Moneo.

El analizar estas tres bodegas de manera técnica, hace pensar que las buenas soluciones arquitectónicas van vinculadas a buenas soluciones técnicas y constructivas. Y es que, cuando nos encontramos ante un proyecto cuyas soluciones constructivas están muy pensadas -en estos casos por la decisión de considerar el suelo como un elemento activo del proyecto- es cuando vemos que la arquitectura de buenas soluciones técnicas o constructivas es la que de verdad termina por conmovernos y despertar nuestro interés. Además, como señala el propio Rafael Moneo, el suelo en estos tres proyectos es algo que acaba participando en el proyecto como primer elemento de proyecto. *“El solar se nos presenta entonces como el suelo en el que el edificio echa raíces, como un dato que puede y debe ser considerado como el primer material de la construcción. En efecto, la lengua inglesa establece el paralelismo entre “foundation” entendido como inicio, comienzo, y “foundation” entendido como el soporte estructural, el cimiento con el que el proceso de toda construcción arquitectónica arranca. En verdad que el suelo, la tierra, puede ser considerado como el inevitable primer material con el que, en todo caso, es preciso contar.”*¹¹

¹¹ MONEO, R., *El Croquis, Rafael Moneo 1967-2004*. Madrid: El Croquis SL, 2004. ISBN 10: 8488386311

5. Anexos

5.1. Listado de imágenes y tablas

1. Dolia de Ostia Antica en Roma. Fuente: ostiantica.org
2. Esquema de funcionamiento térmico de una vasija enterrada. Fuente: elaboración propia
3. Formas de intercambio de energía. Fuente: elaboración propia.
4. Tabla de cargas térmicas favorables y desfavorables según las estaciones del año. Fuente: Curso de verano 2018, apuntes J. Briz.
5. Tabla de temperaturas para la fermentación y almacenaje de los diferentes tipos de vino. Fuente: Bodega J. Miquel Jané.
6. Gráfico de retraso de las oscilaciones térmicas en el interior gracias a la inercia térmica. Fuente: elaboración propia.
7. Fotomontaje del proyecto de J. Llinás en el emplazamiento. Fuente: *El Croquis 128, Josep Llinás, pp. 171.*
8. Maqueta del proyecto de J. Llinás. Fuente: *El Croquis 128, Josep Llinás, pp. 174.*
9. Emplazamiento del proyecto. Escala 1/4000. Fuente: redibujado propio.
10. Climatología de Mendivil, Navarra. Fuente: elaboración propia.
11. Sección longitudinal del proyecto de J. Llinás. E: 1/500. Fuente: redibujado propio.
12. Esquema de variación térmica para el almacenaje del vino en la bodega de J. Llinás. Fuente: elaboración propia.
13. Esquema de variación térmica para la fermentación del vino en la bodega de J. Llinás. Fuente: elaboración propia.
14. Tabla de la capacidad calorífica de los materiales. Fuente: *Medición de la capacidad calorífica de los cuerpos y su relación con la inercia térmica.*
15. Detalle constructivo del cerramiento exterior enterrado de la bodega de J. Llinás. Fuente: *El Croquis 128, Josep Llinás, pp. 179.*
16. Esquema de colocación del aislamiento térmico por la cara interior del muro. Fuente: elaboración propia.
17. Esquema de colocación del aislamiento térmico por la cara exterior del muro. Fuente: elaboración propia.
18. Localización de las estancias de elaboración y almacenaje del vino en planta y volumetría. Fuente: fotomontaje propio a partir de *El Croquis 128, Josep Llinás, pp. 173.*
19. Fachada del proyecto de Bodegas Protos. Fuente: Página web Richard Rogers <https://www.rshp.com/projects/bodegas-protos/>
20. Emplazamiento de la Bodega Protos en Peñafiel. E: 1/15000. Fuente: redibujado propio.
21. Climatología en Peñafiel, Castilla León. Fuente: elaboración propia.
22. Sección longitudinal Bodegas Protos. E: 1/1000. Fuente: redibujado propio.
23. Esquema de variación térmica para el almacenaje del vino en las Bodega Protos. Fuente: elaboración propia.

24. Esquema de variación térmica para la fermentación del vino en las Bodegas Protos. Fuente: elaboración propia.
25. Tabla de la capacidad calorífica de los materiales. Fuente: *Medición de la capacidad calorífica de los cuerpos y su relación con la inercia térmica*.
26. Fotografía del la Bodega Protos en construcción. Fuente: Página web Richard Rogers <https://www.rsh-p.com/projects/bodegas-protos/>
27. Sección transversal de un módulo de la Bodega Protos. Fuente: Página web Richard Rogers <https://www.rsh-p.com/projects/bodegas-protos/>
28. Modelo 3D de las Bodegas Protos. Fuente: Página web Richard Rogers <https://www.rsh-p.com/projects/bodegas-protos/>
29. Interior de la Bodega Protos. Fuente: Página web Alonso Balaguer <https://www.alonsobalaguer.com/proyectos/29-obra-construida/33-bodegas-protos>
30. Proyecto de Bodegas de Rafael Moneo en Corullón. Fuente: Página web Rafael Moneo <http://rafaelmoneo.com/proyectos/bodegas-descendientes-de-j-palacios/>
31. Emplazamiento de la Bodega Descendientes de J. Palacios. E: 1/15000. Fuente: redibujado propio.
32. Climatología en Corullón, Castilla y León. Fuente: elaboración propia.
33. Sección longitudinal Bodegas Descendientes de J. Palacios. E: 1/700. Fuente: redibujado propio.
34. Esquema de variación térmica para el almacenaje del vino en la bodega de Moneo. Fuente: elaboración propia.
35. Esquema de variación térmica para la fermentación del vino en la bodega de Moneo. Fuente: elaboración propia.
36. Tabla de la capacidad calorífica de los materiales. Fuente: *Medición de la capacidad calorífica de los cuerpos y su relación con la inercia térmica*.
37. Piedra local en el interior de la Bodega Descendientes de J. Palacios. Fuente: <https://www.rubenpb.com/portfolio/bodejas-j-palacios-leon-spain/>
38. Bodega Descendientes de J. Palacios en construcción. Fuente: <https://www.alsina.com/solution/bodega-descendientes-de-j-palacios-en-corullon/>
39. Fotomontaje en sección de las áreas de almacenaje y elaboración en la Bodega de Moneo. Fuente: fotomontaje de elaboración propia.
40. Fachada principal de la Bodega de Moneo en Corullón. Fuente: Duccio Malagamba [https://ducciomalagamba.com/arquitectos/rafael-moneo/655-bodegas-descendientes-j-palacios-corullon-2/#DM-018\(5225\)-655](https://ducciomalagamba.com/arquitectos/rafael-moneo/655-bodegas-descendientes-j-palacios-corullon-2/#DM-018(5225)-655)
41. Ejemplo de abertura con alero en fachada en la bodega de Rafael Moneo. Fuente: Duccio Malagamba [https://ducciomalagamba.com/arquitectos/rafael-moneo/655-bodegas-descendientes-j-palacios-corullon-2/#DM-018\(5225\)-655](https://ducciomalagamba.com/arquitectos/rafael-moneo/655-bodegas-descendientes-j-palacios-corullon-2/#DM-018(5225)-655)
42. Ejemplo de abertura en forma de bow-window en la bodega de Rafael Moneo. Fuente: Duccio Malagamba [https://ducciomalagamba.com/arquitectos/rafael-moneo/655-bodegas-descendientes-j-palacios-corullon-2/#DM-018\(5225\)-655](https://ducciomalagamba.com/arquitectos/rafael-moneo/655-bodegas-descendientes-j-palacios-corullon-2/#DM-018(5225)-655)

43. Ejemplo de abertura con celosías en la bodega de Rafael Moneo. Fuente: Duccio Malagamba
[https://ducciomalagamba.com/arquitectos/rafael-moneo/655-bodegas-descendientes-j-palacios-corullon-2/#DM-018\(5225\)-655](https://ducciomalagamba.com/arquitectos/rafael-moneo/655-bodegas-descendientes-j-palacios-corullon-2/#DM-018(5225)-655)
44. Ejemplos de aberturas intencionadas focalizando las vistas. Fuente: Duccio Malagamba
[https://ducciomalagamba.com/arquitectos/rafael-moneo/655-bodegas-descendientes-j-palacios-corullon-2/#DM-018\(5225\)-655](https://ducciomalagamba.com/arquitectos/rafael-moneo/655-bodegas-descendientes-j-palacios-corullon-2/#DM-018(5225)-655)
45. La plataforma según Jorn Utzon. Fuente: UTZON, JORN, *Plataformas y mesetas*. Cuaderno Rojo, pp 192-198, 2005-2006.
46. La plataforma en el proyecto de Llinás. Fuente: dibujo propio.
47. La plataforma en el proyecto de Rogers y Alonso y Balaguer. Fuente: dibujo propio.
48. La plataforma en el proyecto de Moneo. Fuente: dibujo propio.
49. Espacios interiores de la bodega de Moneo. Fuente: Duccio Malagamba
[https://ducciomalagamba.com/arquitectos/rafael-moneo/655-bodegas-descendientes-j-palacios-corullon-2/#DM-018\(5225\)-655](https://ducciomalagamba.com/arquitectos/rafael-moneo/655-bodegas-descendientes-j-palacios-corullon-2/#DM-018(5225)-655)

5.2. Bibliografía

LLINÁS, J., *El Croquis 128, Josep Llinás*. Madrid: El Croquis SL, 2011. ISSN: 0212-5633

LEVEAU, P., BUFFAT, L., “Les bâtiments agricoles et l'architecture des villas de la fin de l'Antiquité” en *Las villae tardorromanas en el occidente del imperio: arquitectura y función*. Gijón: ediciones Trea, 2008. pp. 134-161.

RIBAS SEIX, C., El retorn al subsòl: tres museus del segle XX. En: *DPA: Documents de Projectes d'Arquitectura*. 2005, no. 25, pp. 62-67. ISBN84-608-0336-8

BRIZ CARO, J., *Le Corbusier: ver de lejos. Explicación de la Unidad de habitación*. Condicionamiento y servicios. Escola d'Arquitectura La Salle Universitat Ramon Llull, 2017.

BRIZ CARO, J., *Curso de verano 2018*. Escola d'Arquitectura La Salle Universitat Ramon Llull, 2018.

Taller de verano “Barcelona, Arquitectura, cava y vino”. Segunda edición. Escola d'Arquitectura La Salle Universitat Ramon Llull, 2011. ISBN: 978-84-9846-680-5.

LIRA OLIVER, A., GUEVARA MON, A. B., *Medición de la capacidad calorífica de los cuerpos y su relación con la inercia térmica*. Facultad de Arquitectura, Universidad Nacional Autónoma de México, 2017.

Datos Climáticos Mundiales - Climate-Data.Org. 2020. [consulta: 27 abril 2020] Disponible en: <https://es.climate-data.org>

ASA, Guía sobre la importancia de la relación del edificio con su espacio de proximidad y las estrategias pasivas para el ahorro y la eficiencia energética en edificación. ASA, 2017 [consulta: 4 mayo 2020]. Disponible en: <https://www.sostenibilidadyarquitectura.com/2017/02/10/sabes-proyectar-guia-sobre-la-importancia-de-la-relacion-del-edificio-con-su-espacio-de-proximidad-y-las-estrategias-pasivas-para-el-ahorro-y-la-eficiencia-energetica-en-edificacion/>

ITeC, Parámetros de diseño sostenible del edificio. 2005. [consulta: 30 abril 2020] Disponible en: https://www.construmatica.com/construpedia/Par%C3%A1metros_de_Dise%C3%B1o_Sostenible_del_Edificio

ROGERS AND PARTNERS, *Bodegas Protos*. [consulta: 8 mayo 2020] Disponible en: <https://www.rsh-p.com/projects/bodegas-protos/>

ALONS+ BALAGUER, *Bodegas Protos*, [consulta: 8 mayo 2020] Disponible en: <https://www.alonsobalaguer.com/proyectos/29-obra-construida/33-bodegas-protos>

BODEGA MIQUEL JANE, *Curso de viticultura J. Miquel Jané*. Masía familiar Cal Costas productora de vinos D.O. Penedès.

MONEO, R., *Bodegas Descendientes de J. Palacios*, [consulta: 14 mayo 2020] Disponible en: <http://rafaelmoneo.com/proyectos/bodegas-descendientes-de-j-palacios/>

RUBEN PB, *Fotografías Proyecto Bodegas J. Palacios*, [consulta: 16 mayo 2020] Disponible en: <https://www.rubenpb.com/portfolio/bodejas-j-palacios-leon-spain/>

MALAGAMBA, D., *Fotografías del Proyecto de Bodegas J. Palacios*, [consulta: 17 mayo 2020] Disponible en: [https://ducciomalagamba.com/arquitectos/rafael-moneo/655-bodegas-descendientes-j-palacios-corullon-2/#DM-018\(5225\)-655](https://ducciomalagamba.com/arquitectos/rafael-moneo/655-bodegas-descendientes-j-palacios-corullon-2/#DM-018(5225)-655)

ALSINA, Soluciones en encofrados, *Bodegas Descendientes de J. Palacios en Corullón*, [consulta: 17 mayo 2020] Disponible en: <https://www.alsina.com/solution/bodega-descendientes-de-j-palacios-en-corullon/>

LLINÁS, J., *Sobre la relativa importancia de la forma. 2C: construcción de la ciudad*. 1985, abril, núm. 22, pp. 24-25. ISSN0213-1927.

UTZON, J, *Plataformas y mesetas*. Cuaderno Rojo, pp 192-198, 2005-2006.

MONEO, R., *El Croquis, Rafael Moneo 1967-2004*. Madrid: El Croquis SL, 2004. ISBN 10: 8488386311